

KHẢO SÁT TĂNG THỂ OXI HÓA KHỬ CỦA NƯỚC BẰNG KỸ THUẬT TÍCH HỢP VI BỌT KHÍ, SIÊU ÂM VÀ H_2O_2

Lê Văn Tuấn^{1*}, Đặng Thị Thanh Lộc¹, Nguyễn Văn Hoàng¹, Trương Quý Tùng¹,
Nguyễn Thị Ái Nhung², Trương Minh Hoàng², Lê Quang Tiến Dũng³, Nguyễn Thanh Sơn⁴

¹Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

²Khoa Hóa Học, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

³Khoa Điện, Điện tử và Công nghệ vật liệu, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

⁴Công ty cổ phần Huetronics, Việt Nam

*Email: levantuan@hueuni.edu.vn

Ngày nhận bài: 15/9/2022; ngày hoàn thành phản biện: 14/11/2022; ngày duyệt đăng: 4/4/2023

TÓM TẮT

Nghiên cứu này trình bày kết quả khảo sát hiệu quả tăng thể oxi hóa khử của nước ở khoảng độ mặn (0 – 30‰) của hệ thống vi bọt khí (MBs) “kiểu mới”, được bố trí tổ hợp giữa cách tạo MBs bằng bơm áp lực (1,5 kg/cm²) sử dụng đầu phun F-BT50, kết hợp siêu âm công suất (100w) chọn lọc tần số (28 kHz) (JETEK_JUS01-26 ©Huetronics, Việt Nam) và có sự bổ sung H_2O_2 (0 – 10 mg/L). Thông qua sự đo đặc kỹ thể oxi hóa khử (ORP), hàm lượng oxi hòa tan (DO) và nhiệt độ (°C) của các mẫu nước theo thời gian, cho thấy rằng độ mặn tăng sẽ thúc đẩy nhanh hơn quá trình bão hòa DO và ORP trong nước, dưới sự oxi hóa của hệ MBs. Ngoài ra, siêu âm công suất và H_2O_2 bổ sung đã rút ngắn đáng kể thời gian oxi nước đạt trạng thái bão hòa DO và có giá trị ORP phù hợp cho sinh vật thủy sinh. Các kết quả nghiên cứu là có ý nghĩa trong lĩnh vực xử lý nước cấp, đặc biệt là cấp cho hoạt động nuôi trồng thủy sản.

Từ khóa: DO, ORP, siêu âm công suất, vi bọt khí, xử lý nước.

1. MỞ ĐẦU

Ở Việt Nam, nhiều nguồn nước cấp phục vụ hoạt động sản xuất, nuôi trồng thủy sản, đã và đang có dấu hiệu ô nhiễm vi sinh vật gây bệnh, các chất dinh dưỡng (N, P), kim loại độc và các chất hữu cơ khó phân hủy sinh học [1, 2]. Đơn cử, trong lĩnh vực nuôi trồng thủy sản trên bờ nhu cầu thay nhiều nước cho các ao nuôi thủy sản khiến việc xử lý nước thải và nước cấp thực hiện không đầy đủ [3], dẫn đến các mầm bệnh, chất hữu cơ, dinh dưỡng, chất kháng sinh, kim loại độc luôn hiện hữu trong cả

nguồn nước cấp và nước thải, gây áp lực lớn cho hoạt động sản xuất và bảo vệ môi trường [1-3].

Xử lý nhanh chóng, an toàn đối với các nguồn nước cấp và nước thải luôn nhận được sự quan tâm của cộng đồng và các nhà nghiên cứu công nghệ xử lý nước. Mỗi tác nhân gây ô nhiễm nước đều có các giải pháp xử lý phù hợp, có thể kết hợp hoặc tách biệt nhau. Điểm đáng chú ý trong số các giải pháp luôn có mặt các quá trình oxi hóa bậc cao (*advanced oxidation processes*), dựa trên sự hình thành tác nhân hydroxyl ($\cdot OH$) có thể xử lý hiệu quả nhiều loại tác nhân gây ô nhiễm nước, trong đó có cả vi sinh vật gây bệnh [4], amoni [5], chất hữu cơ bền vững và các chất kháng sinh [6]. Tuy nhiên, phần lớn các quá trình oxi hóa chất ô nhiễm trong môi trường nước phụ thuộc vào các phản ứng oxi hóa bởi các hóa chất trong môi trường axit (ví dụ: Fenton, quang-Fenton, Fe/TiO_2); hóa chất oxi hóa mạnh $KMnO_4$, chlorin có nhược điểm tạo ra sản phẩm phụ nguy hại; dựa trên nền oxi hóa của khí ozone được tạo ra bởi thiết bị đắt tiền và khó duy trì nồng độ cao trong thời gian dài. Một tác nhân oxi hóa thông dụng khác là H_2O_2 (hydrogen peroxide), có tính oxi hóa khá mạnh (1,77 V), được ứng dụng nhiều trong xử lý nước và nước thải do tính thân thiện môi trường (không tạo sản phẩm ô nhiễm thứ cấp) [7]. Nhược điểm của H_2O_2 là kém bền vững trong nước, hạn chế phân tán nhanh trong nước ở qui mô lớn, dẫn đến khó xác định liều H_2O_2 cần thiết nên tốn nhiều lượng sử dụng. Do đó, việc phát triển kỹ thuật oxi hóa nước thân thiện môi trường, hiệu quả nhanh, kinh tế và dễ sử dụng là một nhu cầu rất thiết thực.

Microbubbles (MBs) còn được gọi là các vi bọt khí với đường kính dưới vài trăm micromet [8]. Có nhiều kỹ thuật tạo MBs [8, 9]; thông thường có thể tạo bằng cách khuấy trộn tốc độ cao; bằng bơm áp lực cao kết hợp với các dạng đầu phun được thiết kế đặc biệt theo hiệu ứng venturi, bằng phương pháp điện hóa học, hoặc bằng kỹ thuật phát sóng siêu âm chọn lọc tần số và công suất phát. Mỗi giải pháp kỹ thuật đều có thách thức công nghệ riêng. Hiện nay, công nghệ MBs đã và đang được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực công nghệ môi trường nước [9] bởi các tính chất hóa-lý nổi bật của MBs, ví dụ như sử dụng MBs trong phương pháp tuyển nổi nhằm loại bỏ một số chất ô nhiễm trong nước [10]. Do có kích thước rất bé, vận tốc dâng của các MBs nhỏ hơn nhiều so với các bọt khí thông thường, nhờ đó có khả năng tồn tại trong nước với thời gian lâu hơn, hiệu quả làm sạch cao hơn [8-9]. MBs với đường kính khoảng 30 μm có khả năng tồn tại trong nước trong một khoảng thời gian dài (trên 100 giờ), cấp vi bọt khí nanomet có thể duy trì trong nước vài tháng [9]. Áp suất nội của MBs tỉ lệ nghịch với kích thước của chúng, MBs có áp suất nội rất lớn và có khả năng tăng cường sự trao đổi oxy trong nước [8]. MBs tích điện âm và có diện tích bề mặt tiếp xúc giữa chất lỏng – chất khí lớn, tăng cường khả năng vận chuyển chất, hấp phụ vật lý cũng như thúc đẩy các phản ứng hóa học [9].

Trong nghiên cứu này, hệ thống oxi hóa nước dựa trên kỹ thuật MBs “kiểu mới” được bố trí tổ hợp giữa cách tạo MBs bằng bơm áp lực ($1,5 \text{ kg/cm}^2$) sử dụng đầu phun F-BT50 (Nhật Bản), kết hợp siêu âm công suất (100w) chọn lọc tần số (28 kHz) (JETEK_JUS01-26 ©Huetronics, Việt Nam) và có sự bổ sung H_2O_2 . Hiệu quả quá trình oxi hóa nước của hệ thống được khảo sát, đánh giá bởi ảnh hưởng của các yếu tố ảnh hưởng (độ muối, sự có mặt của siêu âm công suất và nồng độ H_2O_2 bổ sung), thông qua các dữ liệu chất lượng nước, bao gồm: thế oxi hóa khử (ORP), hàm lượng oxi hòa tan (DO) và nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$) theo thời gian. Từ đó giới thiệu tiềm năng ứng dụng của công nghệ này trong lĩnh vực xử lý nước.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Chuẩn bị mẫu nước

Mẫu nước được chuẩn bị cho các thí nghiệm lấy từ nguồn nước máy sạch, tại vòi nước thuộc phòng thí nghiệm Môi trường cơ sở, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Nguồn nước sạch được cấp bởi Công ty Huewaco. Theo kết quả kiểm nghiệm tháng 6 và tháng 7 năm 2022 (trùng với thời gian thí nghiệm) đối với mẫu nước sạch nhà máy Quảng Tế 1 (<http://huewaco.com.vn/Default.aspx?cid=354&vid=2575>), nguồn nước sạch có 17 chỉ tiêu đạt tiêu chuẩn ăn uống của Bộ Y tế QCVN 01-1:2018/BTY. Nước không có mùi vị lạ, clo dư tự do $0,5 - 0,6 \text{ mg/L}$, độ đục $0,08 - 0,09 \text{ NTU}$, pH $7,2 - 7,3$, TDS 30 mg/L , COD $0,24 \text{ mg/L}$, Coliform và Coliform chịu nhiệt ($<1 \text{ CFU/100 mL}$), màu sắc ($<5 \text{ Pt-Co}$), N-amoni $0,01 \text{ mg/L}$, N-nitrite $0,002 - 0,003 \text{ mg/L}$, N-nitrate $0,3 - 0,5 \text{ mg/L}$, clorua $11-12 \text{ mg/L}$, độ cứng $20 - 22 \text{ mg-CaCO}_3/\text{L}$, Mn $0,004 \text{ mg/L}$, Fe $0,02 \text{ mg/L}$, Al $0,09 \text{ mg/L}$ [11].

Mẫu nước thí nghiệm có nhiệt độ ($22 - 24^{\circ}\text{C}$) được cho vào thùng 50 L và sục khí hơn 24 giờ ở nhiệt độ phòng ($24 - 26^{\circ}\text{C}$) để loại bỏ hoàn toàn clo dư. Clo dư trong nước máy sẽ được kiểm tra bằng phương pháp đo quang sử dụng N,N-diethyl-p-phenylenediamine với máy đo (H1701, HANNA, Romania) để đảm bảo hoàn toàn bằng không. Bổ sung muối NaCl (tinh khiết $> 99,5\%$) để đạt các độ mặn mong muốn (0‰, 5‰, 10‰, 20‰ và 30‰) và bổ sung lượng dư Na_2SO_3 (tinh khiết $> 98\%$) 0,5 gam cho 1,0 L nước để đảm bảo DO trong nước bằng 0 mg/L. Giá trị ORP của các mẫu nước sau khi bổ sung các hóa chất (bắt đầu cho các thí nghiệm) là $121 \pm 11 \text{ mV}$ ($n = 5$).

2.2. Bố trí hệ thống oxi hóa nước bằng kỹ thuật tích hợp vi bọt khí, siêu âm và H_2O_2

Hệ thống oxi hóa nước được bố trí ở Hình 1. Các hợp phần chính của hệ thống bao gồm: thùng chứa nước máy sạch đã khử clo dư và oxi hòa tan, cột phản ứng làm bằng nhựa acrylic trong suốt với tổng thể tích 17,6 L ($D \times H = 19,2 \text{ cm} \times 61 \text{ cm}$), máy bơm nước (AP 4500, công suất 50 W), đầu phun bọt khí F-BT50 (Nhật Bản), áp kế (hiệu chỉnh ổn định ở áp lực $1,5 \text{ kg/cm}^2$); điều chỉnh lưu lượng khí (RK- 1250, KOFLOC Co., Ltd., Nhật Bản, vận hành ổn định ở mức 1,0 L/phút), đầu horn phát siêu âm (tăng số 28

kHz), bộ nguồn phát siêu âm (JUS01-26, Jetek ©Huetronics, Việt Nam), máy đo oxi hòa tan DO TOX 999 (khoảng đo 0 - 19,99 mg/L, độ chính xác $\pm 0,01$ mg/L) và nhiệt độ, máy đo ORP (Milwaukee Mw-500, khoảng đo ± 1000 mV, độ chính xác ± 5 mV), máy chụp ảnh và tính thời gian và các hóa chất NaCl, Na₂SO₃ và H₂O₂.

Mỗi khảo sát, cột phản ứng, các ống dẫn sẽ được vệ sinh kỹ và được khởi động để súc rửa 02 lần bằng 10 - 12 L mẫu. Thí nghiệm khảo sát sau đó, 15,0 L mẫu nước (nhiệt độ: 22 – 24 °C) đã được chuẩn bị trước đó ở thùng chứa sẽ được đổ vào hệ thống cột phản ứng đến vạch mức. Bơm nước (lưu lượng 50 L/phút, cột áp 7,5 m) được bật, điều áp với áp lực (1,5 kg/cm²) và tạo vi bọt khí thông qua đầu phun F-BT50 (khoảng 40 L-nước/phút được vận chuyển qua đầu phun). Máy phát siêu âm được bật đối với các khảo nghiệm có mặt của sóng siêu âm công suất. Đối với kỹ thuật oxy hóa nước có bổ sung thêm H₂O₂ (0 – 10 mg/L), dung dịch H₂O₂ (30% w/w, Merck) được sử dụng để pha loãng đến dung dịch H₂O₂ (0,3%) bằng nước cất nhiệt độ phòng, định lượng cho vào cốc và dẫn chậm vào hệ thống qua ống dẫn (khí/lỏng) của đầu phun F-BT50. Mỗi thí nghiệm được lặp lại 2 – 3 lần, và ghi nhận sự thay đổi của DO, ORP và nhiệt độ nước. Kết quả của các thí nghiệm sẽ được tính toán và xử lý bằng Microsoft Excel.



Hình 1. Bố trí thí nghiệm tăng thế oxy hóa của nước bằng kỹ thuật tích hợp MBs, siêu âm công suất và H₂O₂.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

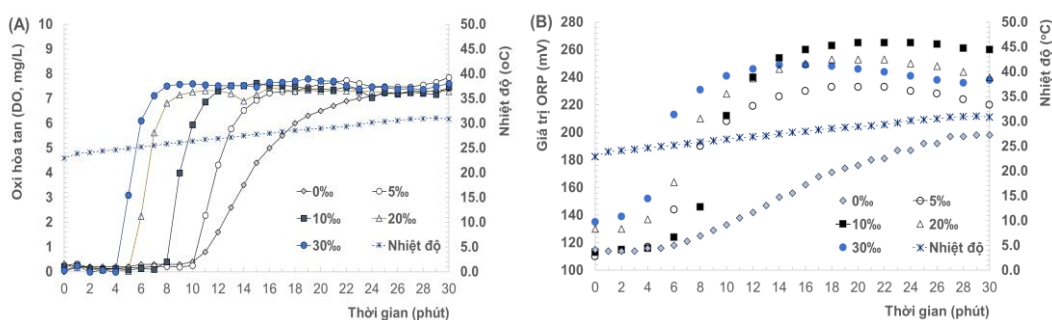
3.1. Kích thước MBs và ảnh hưởng độ mặn đến quá trình oxy hóa nước của MBs

Bơm nước có lưu lượng 50 L/phút với áp lực hiệu chỉnh (1,5 kg/cm²) và qua đầu phun F-BT50 (khoảng 40 L-nước/phút). Ở điều kiện này đảm bảo cho sự tạo thành của MBs có kích thước nhỏ hơn 30 μ m, theo hướng dẫn của nhà sản xuất (<https://ultimate-trading.tokyo/menu/584532>). Khảo nghiệm, đo đạc của chúng tôi bằng thiết bị (*laser light scattering particle size distribution analyzer, máy phân tích phân bố kích thước hạt tán xạ ánh sáng laser, Horiba LA-920*) với quá trình tạo MBs ở điều kiện trên với nước máy sạch

ở Đại học Yamaguchi – Nhật Bản, với nhiệt độ nước 23,0 °C và 35,5 °C đã kiểm chứng dữ liệu kích thước MBs, với 100% MBs có cấp hạt nhỏ hơn 15 μm (23,0 °C) và nhỏ hơn 22,5 μm (35,5 °C).

Ảnh hưởng của độ mặn đến quá trình oxi hóa nước của MBs được thực hiện bằng cách bổ sung muối NaCl đến đạt các độ mặn: 0‰, 5‰, 10‰, 20‰ và 30‰, bổ sung Na_2SO_3 dư so với nghiên cứu trước đây [12] để đảm bảo DO trong nước bằng 0 mg/L ngay trước khi thực hiện các khảo sát. Kết quả đo giá trị ORP của các mẫu nước trước (tại vòi nước cấp), nước sau khi sục khí đuổi dư lượng clo (> 24 h) và sau khi bổ sung các hóa chất (bắt đầu cho các thí nghiệm) lần lượt là 330 - 640 mV ($n = 9$), 270 ± 20 mV ($n = 6$) và 121 ± 11 mV ($n = 5$). Sự biến động mạnh về chỉ số ORP của nước máy đầu vào, điều này được lý giải do nguồn nước máy *Huewaco* sạch, với các đặc trưng ở mục 2.1, chứa clo dư tự do biến động trong phạm vi chuẩn cấp nước an toàn (0,2 – 1,0 mg/L) để kiểm soát mầm bệnh. Kết quả nghiên cứu của Sam Van Haute và cộng sự (2019) cũng đã xác định sự tương quan thuận, chặt chẽ giữa chỉ số ORP và clo dư tự do (< 5 mg/L) ở trong môi trường nước [13]. Quá trình sục khí đuổi clo tự do và khử DO bằng Na_2SO_3 dư đã làm giảm giá trị ORP hơn nhiều lần so với giá trị nước cấp ban đầu.

Kết quả khảo sát sự thay đổi giá trị DO và nhiệt độ (Hình 2.1.A), giá trị ORP (Hình 2.1.B) cho thấy độ mặn tăng thúc đẩy nhanh hơn quá trình bão hòa DO và ORP trong nước dưới sự oxi hóa của hệ vi bọt khí MBs. Nhiệt độ tăng đều (23 °C – 31 °C) theo thời gian khảo sát (0 – 30 phút). Với lượng Na_2SO_3 dư so với nghiên cứu trước đây [12], ở độ mặn 20‰ - 30‰ hệ thống oxi hóa chỉ cần thời gian vận hành MBs 7,5 phút để đạt trạng thái bão hòa DO (~ 7,5 mg/L) và ORP (210~230 mV). Tuy nhiên, chỉ mất 3 – 5 phút để DO trong môi trường nước mặn (độ mặn > 5‰ tăng nhanh từ 0 đến trạng thái bão hòa), trong khi đó cần hơn 15 phút để môi trường nước không có độ mặn gia tăng lượng DO lên 7,0 mg/L.



Hình 2.1. Ảnh hưởng độ mặn (0‰ - 30‰) đến hiệu quả oxi hóa nước: DO (Hình 2.1.A) và ORP (Hình 2.1.B) của hệ thống vi bọt khí (áp lực 1,5 kg/cm², đầu phun F-BT50, lưu lượng nước 40 L/phút, lưu lượng khí 1,0 L/phút).

Trong thực tế, muối NaCl và các loại muối Na khác thường có mặt trong các nguồn nước cấp và nước thải, nhất là trong các hoạt động sản xuất và nuôi trồng thủy

sản ven biển. Về mặt lý thuyết, việc bổ sung muối có thể làm gia tăng hiệu quả oxi hóa của MBs, thông qua sự thay đổi điện tích bề mặt của các MBs và làm gia tăng sự tương tác, phản ứng giữa các MBs [8]. Một số nghiên cứu cho thấy sự có mặt của muối NaCl còn làm giảm kích thước của MBs [8] do đó làm tăng mật độ MBs trong hệ phản ứng, qua đó làm gia tăng nhanh chóng DO và ORP của nước. Kết quả khảo sát cũng cho thấy sự gia tăng của nhiệt độ nước theo thời gian vận hành cũng sẽ là yếu tố ảnh hưởng đến sự hòa tan DO và ORP trong nước.

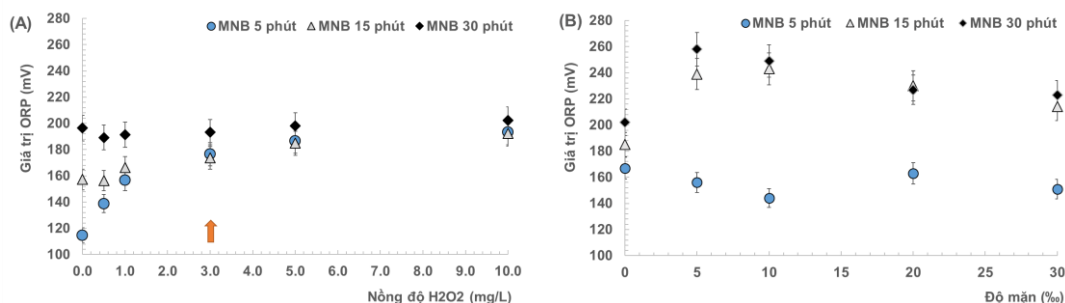
Các nguồn nước cấp phục vụ nuôi trồng thủy sản lợ mặn trên bờ, như nuôi tôm thẻ, nuôi cá trên bờ, do đặc trưng bơm nước từ các mạch ngầm ven biển có dấu hiệu ô nhiễm hữu cơ, dinh dưỡng nên nước cấp đa phần có giá trị ORP thấp (< 150 mV), thậm chí ở mức gần bằng 0 mV. Đây là kết quả đo trực tiếp của chúng tôi, đo nhiều lần ở một số nguồn nước cấp ven biển phục vụ nuôi thủy sản ở Thừa Thiên Huế. Giá trị ORP thấp là điển hình cho các môi trường khử thiếu oxi hòa tan và/hoặc chứa nhiều chất ô nhiễm. Mặc dù ORP là thông số chất lượng nước có nhiều ý nghĩa khoa học, đo đạc nhanh, tương quan chặt chẽ đến nhiều thông số chất lượng nước khác như DO, hợp chất hữu cơ, kim loại dạng tan hay các mầm vi sinh gây bệnh. Song đến nay chỉ số ORP còn chưa được đưa vào làm thông số giám sát của các tiêu chuẩn cấp nước an toàn cho sản xuất và nuôi trồng thủy sản. Giá trị ORP phù hợp cho các sự sống của sinh vật thủy sinh thường giao động từ 200 – 350 mV.

3.2. Ảnh hưởng H_2O_2 đến quá trình oxi hóa nước của MBs

H_2O_2 là tác nhân oxi hóa khá mạnh (1,77 V) được ứng dụng nhiều trong xử lý nước do tính thân thiện môi trường (không tạo sản phẩm ô nhiễm thứ cấp) [7]. Trong khảo sát này, dung dịch H_2O_2 (30% w/w, Merck) được sử dụng để pha loãng đến dung dịch H_2O_2 (0,3%), định lượng cho vào cốc và dẫn chậm vào hệ thống qua ống dẫn (khí/lỏng) của đầu phun F-BT50 để đạt các mức nồng độ H_2O_2 khảo sát (0 – 10 mg/L). Thật vậy, sự có mặt của H_2O_2 đã thúc đẩy nhanh quá trình oxi hóa nước của hệ MBs, thể hiện rõ ngay cả điều kiện môi trường nước ngọt (độ mặn = 0‰) (Hình 2.2.A) và giá trị ORP của nước nhanh chóng đạt mức 200 mV đối với sự có mặt của nồng độ $H_2O_2 > 3,0$ mg/L. Cùng ở mức bổ sung H_2O_2 3,0 mg/L, đối với nước có độ mặn ($> 5‰$), giá trị ORP được cải thiện rõ rệt (220 – 245 mV) sau 15 phút vận hành hệ MBs.

Các kết quả nghiên cứu này, rất có ý nghĩa trong rút ngắn thời gian oxi hóa nước của hệ MBs bằng cách bổ sung liều lượng thích hợp H_2O_2 , nhất là đối với các nguồn nước cấp ven bờ cho các mục đích phát triển nuôi thủy sản lợ mặn, có chất lượng nước kém (ORP < 100 mV). Sự vận hành hệ MBs với thời gian lưu trên 15 phút để duy trì mức oxi hóa > 220 mV, là một khuyến nghị đáng tin cậy để tiến hành xây dựng các hệ tiền xử lý nước cấp nuôi thủy sản bằng phương pháp oxi hóa sử dụng MBs. Qua giải pháp MBs và bổ sung H_2O_2 , chúng ta có thể nhanh chóng nâng thế oxi hóa nước lên mức (> 200 mV), mức mà các vi sinh vật, sinh vật nuôi (cá, tôm) có thể

sinh trưởng và phát triển. Do đó, sẽ tiết kiệm được diện tích đất để xử lý nước bằng các ao lắng lọc, sục khí, đảo nước bằng quạt thông thường.

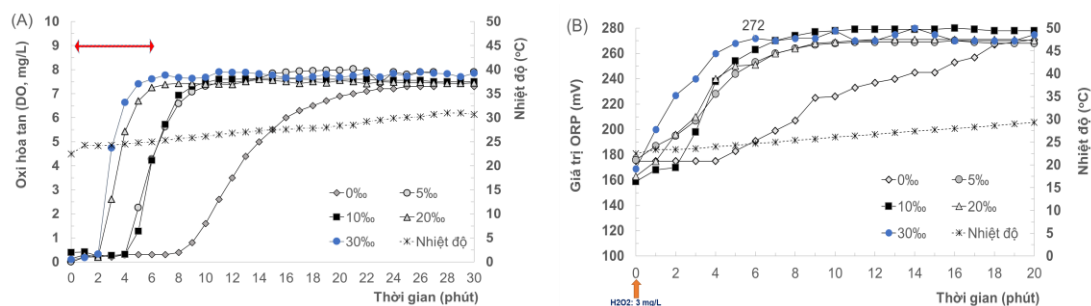


Hình 2.2. Ảnh hưởng của nồng độ H₂O₂ bổ sung (0 – 10 mg/L) ở độ mặn 0‰ (Hình 2.2. A) và H₂O₂ bổ sung (3,0 mg/L) ở độ mặn (0‰ – 30‰) (Hình 2.2.B) đến hiệu quả oxi hóa nước của hệ thống MNB (áp lực 1,5 kg/cm², đầu phun F-BT50, lưu lượng nước 40 L/phút, lưu lượng khí 1,0 L/phút). Các giá trị biểu diễn là trung bình của 03 lần đo.

3.3. Ảnh hưởng siêu âm công suất đến quá trình oxi hóa nước của MBs

Ở Việt Nam, ứng dụng công nghệ siêu âm công suất để xử lý nước còn khá mới mẻ. Nguyên nhân chính là các thiết bị siêu âm công suất có thiết kế phức tạp, nhất là bộ phận biến tử phát sóng siêu âm, và giá thành đắt đỏ nên thiết bị siêu âm thường được chế tạo phục vụ các ứng dụng có giá trị kinh tế cao như hàn, tẩy rửa, tổng hợp vật liệu hay chiết tách. Ở tỉnh Thừa Thiên Huế, Việt Nam, các chuyên gia của Công ty *Huetronics* và các nhà khoa học ở Trường đại học Khoa học – Đại học Huế đã nghiên cứu và chế tạo thành công thiết bị, biến tử siêu âm công suất kiểu hội tụ trên nền tảng biến tử Lagevin – Conic booster và đầu horn titan. Điểm đặc biệt là biến tử siêu âm công suất kiểu hội tụ có tần số cộng hưởng 28 kHz, dạng sóng sin, với trở kháng rất thấp (vài Ohm) [14] nên có thể hoạt động ở công suất cao.

Về lý thuyết, kỹ thuật phát sóng siêu âm chọn lọc tần số và công suất phát lên các bọt khí có thể nhanh chóng gia tăng hiệu quả hình thành MBs. Trong nghiên cứu này, sử dụng thiết bị siêu âm công suất cao (tần số 28 kHz, biến tử Lagevin – Conic booster và đầu horn titan), bộ nguồn phát siêu âm (JUS01-26, Jetek ©*Huetronics*, Việt Nam) đến quá trình oxi hóa nước của MBs cho thấy: sự có mặt của siêu âm công suất rút ngắn rất đáng kể thời gian bão hòa DO (Hình 2.3.A), và thời gian tăng giá trị ORP (Hình 2.3.B), của tất cả khảo nghiệm. Tuy nhiên, sự có mặt của sóng siêu âm công suất này không làm gia tăng đáng kể giá trị ORP của nước. Kết quả nghiên cứu này thật sự có ý nghĩa trong rút ngắn thời gian oxi hóa nước. Để tăng hiệu quả oxi hóa nước về mặt giá trị đo ORP có thể khảo nghiệm tích hợp với các hệ tác nhân oxi hóa khác như điện hóa, hay MBs- Ozone.



Hình 2.3. Ảnh hưởng của siêu âm công suất ở độ mặn (0‰ – 30‰) (Hình 2.3.A) và ở độ mặn (0‰ – 30‰) có bổ sung H_2O_2 (3,0 mg/L) (Hình 2.3.B) đến hiệu quả oxy hóa nước của hệ thống MNB (áp lực 1,5 kg/cm², đầu phun F-BT50, lưu lượng nước 40 L/phút, lưu lượng khí 1,0 L/phút).

4. KẾT LUẬN

Hệ thống oxy hóa nước dựa trên kỹ thuật MBs (kích thước < 22,5 μ m) cho hiệu quả oxy hóa nước (DO ban đầu 0 mg/L, ORP 121 ± 11 mV) đạt lại trạng thái bão hòa DO sau thời gian > 20 phút đối với nước ngọt (độ mặn 0‰). Hiệu quả oxy hóa nước được cải thiện rõ rệt đối với môi trường nước lợ mặn. Sự có mặt của H_2O_2 đã thúc đẩy nhanh quá trình oxy hóa nước của hệ MBs. Điển hình mức bổ sung H_2O_2 3,0 mg/L, nước có độ mặn (> 5‰), giá trị ORP của nước được cải thiện rất rõ rệt (220 – 245 mV) sau 15 phút vận hành hệ MBs. Sử dụng thiết bị siêu âm công suất cao (28 kHz), (JUS01-26, Jetek ©Huetronics, Việt Nam) đã rút ngắn đáng kể thời gian bão hòa DO và thời gian tăng giá trị ORP. Các giải pháp oxy hóa nước này là rất có ý nghĩa trong thực tiễn xử lý nước cấp (ví dụ: nuôi trồng thủy sản) qui mô lớn, do thời gian lưu nước ít nên sẽ tiết kiệm được diện tích đất để xử lý nước bằng các ao lắng lọc, sục khí, đảo nước bằng quạt thông thường. Đối với thực tiễn mong muốn nhanh chóng đạt ORP nước ở mức cao (300 - 750 mV), giải pháp kỹ thuật MBs cần tích hợp với các quá trình oxy hóa bậc cao khác như điện hóa, hay MBs- Ozone.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này xin cảm ơn Đại học Huế đã tài trợ kinh phí thuộc đề tài ĐHH 2021-01-82, xin cảm ơn Công ty Huetronics đã hỗ trợ thiết bị nghiên cứu Siêu âm công suất, và Đại học Yamaguchi – Nhật Bản đã cung cấp một số dữ liệu về vi bọt khí.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Anh, P. T., C. Kroeze, S. R. Bush, and A. P. J. Mol. (2010). Water Pollution by Pangasius Production in the Mekong Delta, Vietnam: Causes and Options for Control. *Aqua. Res.* Vol 42, pp. 108–128.

- [2]. Anh, P. T., C. Kroeze, S. R. Bush, and A. P. J. Mol. (2010). Water Pollution by Intensive Brackish Shrimp Farming in South-East Vietnam: Causes and Options for Control. *Agr. Wat. Man.* Vol 97, pp. 872–882.
- [3]. Nguyen V. C. (2017). An Overview of Agricultural Pollution in Vietnam: The Aquaculture Sector. World Bank Publications, pp. 3 – 22.
- [4]. Inatsu, Y.; Kitagawa, T.; Nakamurai, N.; Kawasaki, S.; Nei, D.; Latiful Bari, Md.; Kawamoto, S. (2011). Effectiveness of stable ozone microbubble water on reducing bacteria on the surface of selected leafy vegetables. *Food Sci. Technol. Res.* Vol 17, pp. 479–485.
- [5]. Huang L., Li L., Dong W., Liu Y., Hou H. (2008), Removal of Ammonia by OH Radicalin Aqueous Phase, *Environ. Sci. Technol.* Vol 42, pp. 8070–8075.
- [6]. Zheng-Yang L., Yuan-Long M., Jiang T., Zhang N.S. F., Bao-Cheng H., Ren C. (2020). A critical review of antibiotic removal strategies: Performance and mechanisms. *Jour. of Wat. Pro. Eng.*, Vol 38, pp. 1 – 8.
- [7]. Le V. T., Dang T. T. L., Tran T. T. L., Te M. S., Truong Q. T., Hidenari Y., Shigeo F. (2020). Performance of ultrasonic wave and H₂O₂ as an advanced oxidation process in pre-treatment of landfill leachate using aerated biofilter. *Vietnam Jour. of Sci. and Tech.* Vol. 52(3A), 96-103.
- [8] Edzwald J.K. (2010), Dissolved air flotation and me, *Water Res.*, Vol. 44, pp. 2077–2106.
- [9]. Movahed M. A., Sarmah A. K. (2021), Global trends and characteristics of nano- and micro-bubbles research in environmental engineering over the past two decades: A scientometric analysis, *Sci.Total Environ.*, vol. 785, 147362.
- [10]. Le T. V., Imai T., Higuchi T., Yamamoto M., Doi R., Teeka J., Xiaofeng S., Teerakun M. (2012). Separation of oil-in-water emulsions by microbubble treatment and the effect of adding coagulant or cationic surfactant on removal efficiency, *Water Sci. Technol.*, Vol 66 (5), pp. 1036 – 1043.
- [11]. Báo cáo chất lượng nước sạch tháng 6 và 7/2022. Nhà máy nước Quảng Tế 1. <http://huewaco.com.vn/Default.aspx?cid=354&vid=2575>
- [12]. Jamnongwong M., Charoenpittaya T., Hongprasith N., Imai T. and Pisut P. (2017), Study of liquid film forming apparatus (LFFA) mechanisms in terms of oxygen transfer and bubble hydrodynamic parameters. *Engineering Journal.* Vol 20 (3), pp. 77 – 90.
- [13]. Sam V. H., Bin Z., Yaguang L., Imca S., Martijn V., Patricia M.(2019). The use of redox potential to estimate free chlorine in fresh produce washing operations: Possibilities and limitations. *Postharvest Biology and Tech.* Vol 156, pp. 1 – 8.
- [14]. Nguyễn Ngọc Tĩnh (2021), Thiết kế và khảo sát một số đặc trưng áp điện của biến tử siêu âm công suất kiểu hội tụ, Luận văn Thạc sĩ Khoa học Vật Lý, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

IMPROVING THE OXIDATION REDOX POTENTIAL OF WATER BY INTEGRATING TECHNOLOGY OF MICROBUBBLES, ULTRASONIC AND H₂O₂

**Le Van Tuan^{1*}, Đặng Thị Thanh Loc¹, Nguyen Van Hoang¹, Trương Quý Tung¹,
Nguyễn Thị Ai Nhung², Trương Minh Hoàng², Lê Quang Tiến Dũng³, Nguyễn Thanh Sơn⁴**

¹ Faculty of Environmental Science, University of Sciences (HUSC), Hue University

² Faculty of Chemistry, HUSC, Hue University

³ Faculty of Electrical, Electronics and Material Technology, HUSC, Hue University

⁴ Huetronics Joint Stock Company, Viet Nam

*Email: levantuan@hueuni.edu.vn

ABSTRACT

This study examined the efficiency of improving the oxidation redox potential (ORP) of water (salinity range: 0 - 30‰) using a "new type" microbubble (MBs) system. The designed oxidation – system is arranged in the combination of MBs (pressure 1.5 kg/cm²) using F-BT50 nozzle, ultrasound (frequency 28 kHz, power 100w) (JETEK_JUS01-26 ©Huetronics, Vietnam) and H₂O₂ adding with difference doses. Through careful measurement of ORP, dissolved oxygen (DO) and temperature (°C) of water samples over retention time, it was shown that increased salinity accelerated the saturation process (significantly improving DO and ORP values). In addition, ultrasound and H₂O₂ adding are significantly shortened the time to reach DO saturation and a suitable ORP value for aquatic organisms. The research results are meaningful in the field of water treatment, especially for aquaculture.

Keywords: DO, ORP, ultrasonic, microbubbles, water treatment.



Lê Văn Tuấn sinh ngày 12/6/1981. Ông tốt nghiệp Cử nhân Hóa học (2003), Thạc sĩ Khoa học Môi trường (2008) và Tiến sĩ Khoa học và Kỹ thuật môi trường (2014). Hiện nay, ông công tác giảng dạy ở Khoa Môi trường, Trường ĐHKH, ĐH Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Quan trắc Môi trường; Hóa học Môi trường; Vi sinh môi trường; Các kỹ thuật xử lý nước và nước thải; Các quá trình oxi hóa nâng cao và ứng dụng.



Đặng Thị Thanh Lộc sinh năm 1981. Bà tốt nghiệp Cử nhân Khoa học Môi trường (2004), Thạc sĩ Khoa học Môi trường (2008) và Tiến sĩ Khoa học và Kỹ thuật môi trường (2017). Hiện nay, bà công tác giảng dạy ở Khoa Môi trường, Trường ĐHKH, ĐH Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Quan trắc Môi trường; Vi sinh môi trường; Các kỹ thuật xử lý nước và nước thải,...



Nguyễn Văn Hoàng sinh năm 1991. Ông tốt nghiệp Kỹ sư Khoa học vật liệu (2016) và hiện đang là học viên cao học Khoa học Môi trường, Trường ĐHKH, ĐH Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Khoa học Vật Liệu, Các kỹ thuật xử lý nước và nước thải



Trương Quý Tùng sinh năm 1966. Ông tốt nghiệp Cử nhân Hóa học (1988), Thạc sĩ Hóa học (1997) và Tiến sĩ Môi trường (2005). Hiện nay, ông công tác giảng dạy ở Khoa Môi trường, Trường ĐHKH, ĐH Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Hoá học, Kỹ thuật Môi trường.



Nguyễn Thị Ái Nhung sinh năm 1980. Bà tốt nghiệp Cử nhân Hóa học (2002), Thạc sĩ Hóa học (2007), Tiến sĩ Hóa Lý thuyết và Hóa lý (2012) và đạt học hàm Phó giáo sư (2018). Hiện nay, bà công tác giảng dạy ở Khoa Hóa học, Trường ĐHKH, ĐH Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Hóa lượng tử; Hóa tính toán; Dược chất thiên nhiên.



Trương Minh Hoàng sinh năm 1999. Ông tốt nghiệp Cử nhân Hóa học (2021) và hiện đang là học viên cao học Trường ĐHKH, ĐH Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Hóa học.



Lê Quang Tiến Dũng sinh năm 1974. Ông tốt nghiệp Cử nhân Vật lý (1996), Thạc sĩ Vật lý (2000) và Tiến sĩ Vật lý (2014). Hiện nay, ông công tác giảng dạy ở Khoa Điện, Điện tử và Công nghệ vật liệu, Trường ĐHKH, ĐH Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Vật lý.



Nguyễn Thanh Sơn sinh năm 1969. Ông tốt nghiệp Cử nhân Vật lý (1993). Hiện nay, ông là Tổng giám đốc Công ty Huetronics, Việt Nam

Lĩnh vực nghiên cứu: Vật lý, điện tử, vật liệu nano; Các công nghệ môi trường ứng dụng trong sản xuất nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản,...